

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Iunior  
II Sessione – 30 Novembre 2011**

**Settore Civile e Ambientale**

**I Prova scritta**

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

**TEMA 1**

Gli ambienti naturali e il concetto d'inquinamento. I principali inquinanti, la loro distribuzione nelle principali matrici ambientali e gli effetti sull'ambiente e sulla salute umana.

**TEMA 2**

Il candidato spieghi il concetto di sicurezza nell'ambito delle strutture in ingegneria civile.

**TEMA 3**

Forma e struttura nella costruzione del Novecento.  
Il candidato può fare riferimento a qualsiasi opera e contesto geografico.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Junior  
II Sessione – 30 Novembre 2011**

**Settore Industriale**

**I Prova scritta**

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

**TEMA 1**

Il candidato spieghi, facendo riferimento a qualche esempio fisico, cos'è un sistema dinamico, cosa si intende per rappresentazione ingresso-stato-uscita e come possono essere scelte le variabili di stato, evidenziando il loro significato fisico.

**TEMA 2**

Il candidato illustri il sistema ISO di tolleranze dimensionali, descrivendo i principali parametri dello stesso.

Vengano inoltre discussi i sistemi foro-base ed albero base, evidenziando il loro funzionamento ed i campi di applicabilità. Il candidato infine esegua a mano libera il disegno quotato di un albero su cui sia previsto il montaggio dei seguenti componenti ed siano eseguite le seguenti lavorazioni:

- fori da centro
- smussi di invito e di lavorazione
- spallamenti
- sede per linguetta
- profilo scanalato
- zone di calettamento di cuscinetti.
- 

**TEMA 3**

Il candidato, in merito alla produzione di energia da combustibili fossili, descriva i principali impianti, con relativa analisi termodinamica e tipologie di cicli utilizzati. Illustri, infine, il loro impatto ambientale.

**TEMA 4**

Il candidato fornisca una panoramica delle principali modalità operative (ad es. risposta al mercato, realizzazione dei volumi di produzione, ecc.) che differenziano le diverse tipologie di sistemi di produzione.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Iunior  
II Sessione – 30 Novembre 2011**

**Settore dell'Informazione**

**I Prova scritta**

Il candidato svolga il seguente tema:

Il candidato descriva una tecnica di codifica che consente di trasformare un segnale di una sorgente analogica in un segnale digitale e le condizioni affinché dal segnale digitale si possa ricostruire il segnale analogico di origine.

**Esame di stato**  
**Laurea, settore civile – ambientale**  
**2^ prova scritta**

Il candidato illustri i temi di progetto di un muro di cls posto a sostegno di un terrapieno, alto 4 m, costituito di materiale incoerente, con modeste proprietà meccaniche (angolo di resistenza a taglio,  $\phi = 25^\circ$ ),  $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$ ).

Il muro sia posto su un banco di argille consistenti, caratterizzato da elevato modulo di Young. Si consideri la possibilità di completa saturazione del terrapieno per effetto di piogge intense e prolungate, nonché l'effetto di azioni sismiche, per semplicità computate come forze (verticali ed orizzontali) staticamente applicate, proporzionali al peso delle masse in esame.

Esame di Stato  
Sessione Novembre 2011

**2<sup>^</sup> prova scritta**

**Ingegneria Civile (strutture) – Laurea triennale**

Descrivere la struttura di una relazione di calcolo per un muro di sostegno in zona sismica.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Junior  
II Sessione – I Dicembre 2011**

**Settore Civile-Ambientale**

**Edile - II Prova scritta**

Il candidato esponga i criteri di progettazione di un edificio residenziale a schiera.

Il tema va svolto nella forma di una relazione progettuale generale, con l'eventuale uso di schemi grafici, toccando gli aspetti funzionali, distributivi, costruttivi, statici, ecc.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere Junior**  
**II sessione – 1 dicembre 2011**  
**Seconda Prova scritta –AUTOMATICA**

Con riferimento ai sistemi di produzione con tempi di setup trascurabili, il problema dell'ottimizzazione dei costi legati agli arretrati e alle scorte su qualsiasi orizzonte temporale si riduce a un controllo di tipo miope, noto come Regola  $c\mu$  nel caso di costi lineari. Il candidato descriva questo tipo di politiche discutendo anche il legame che intercorre tra esse e le politiche che vuotano tutti i buffer in tempo minimo.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Junior  
II Sessione – I Dicembre 2011**

**Settore Industriale**

**Impianti Industriali - II Prova scritta**

Il candidato esponga i principi generali per il dimensionamento di una unità produttiva (linea di produzione o reparto).

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE JUNIOR**

**II SESSIONE 2011**

**FISICA TECNICA INDUSTRIALE**

Il candidato descriva le leggi fondamentali dell'irraggiamento termico, lo scambio termico radiativo, le proprietà delle superfici reali ed i dispositivi che utilizzano tale meccanismo di trasmissione del calore.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE IUNIOR**

**II SESSIONE 2011**

**SECONDA PROVA – DISEGNO DI MACCHINE**

Il candidato illustri i criteri e i vantaggi del proporzionamento modulare delle ruote dentate, evidenziandone i principali parametri e le relazioni fra di essi, nel caso di ruote dentate cilindriche a denti dritti, ruote dentate cilindriche a denti elicoidali e ruote coniche.

Il candidato illustri inoltre i principali collegamenti albero mozzo impiegabili nel calettamento di ruote dentate.

Infine, si eseguano a mano libera, i disegni quotati, in vista e in sezione, di una ruota dentata cilindrica a denti elicoidali, comprensivi della tabella relativa, prevedendo al mozzo un profilo scanalato.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE IUNIOR**

**II SESSIONE 2011**

**II Prova scritta – Telecomunicazioni**

Il candidato descriva gli elementi di una generica catena ricevente evidenziando i parametri che consentono di valutare le prestazioni in presenza di rumore termico e le relative procedure di calcolo.

## Esame di stato

### Laurea, settore civile – ambientale

#### 3<sup>a</sup> prova scritta

Si progetti un palo di sostegno per antenne di sezione circolare a tubo, con diametro esterno  $D$  e spessore  $\delta$ , incastrato in  $A$  e controventato tramite 4 stralli  $C_i$  ( $i = 1 \dots 4$ ) secondo lo schema statico riportato in figura. Si assuma che gli stralli  $C_i$  possano riguardarsi in prima approssimazione come pendoli elastici con area della sezione resistente pari ad  $A_c$ . Inoltre, si schematizzino le azioni da vento agenti sul palo considerando un carico distribuito con legge lineare in funzione della quota, con valore massimo pari a  $q^*$  e piani di massima probabilità di occorrenza  $\pi_1$  e  $\pi_2$ .

Si dimensionino il palo e gli stralli, determinando i valori di  $D$ ,  $\delta$ , ed  $A_c$  tali che, oltre ad assicurare la resistenza strutturale con un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.5, sia soddisfatta anche la condizione funzionale che lo spostamento orizzontale della sezione in  $B$  del palo sia inferiore a  $1/50 \ell$ .

$$\ell = 5 \text{ m};$$

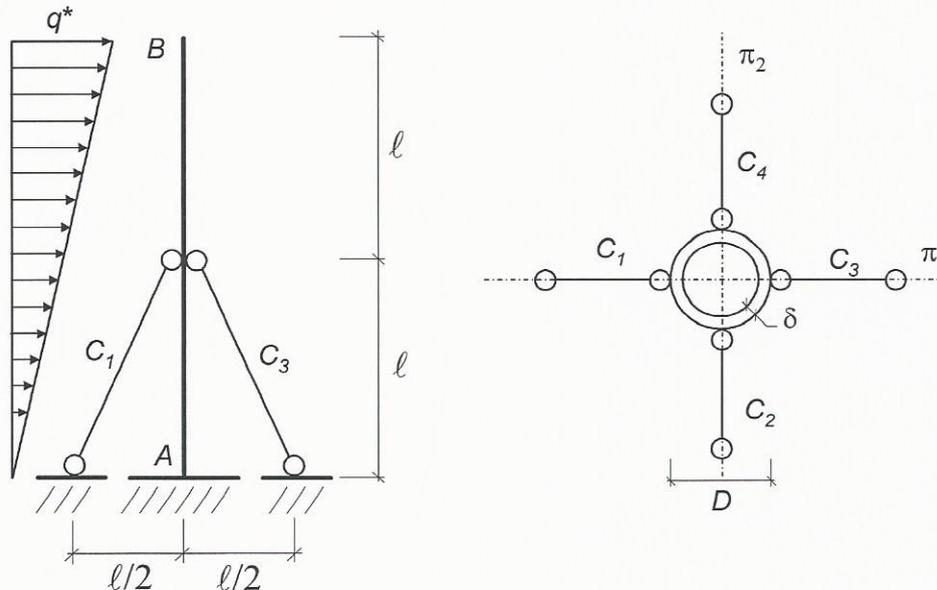
$$q^* = 150 \text{ N/m};$$

$$E_p = 210 \text{ GPa} \text{ modulo di Young del materiale costituente il palo};$$

$$E_c = 245 \text{ GPa} \text{ modulo di Young del materiale costituente gli stralli};$$

$$\sigma_{sp} = 260 \text{ MPa} \text{ tensione di snervamento del materiale costituente il palo};$$

$$\sigma_{sc} = 330 \text{ MPa} \text{ tensione di snervamento del materiale costituente gli stralli}.$$



### 3<sup>^</sup> prova scritta

Esame di Stato  
Sessione Novembre 2011

#### **Ingegneria Civile (strutture) – Laurea triennale**

Dimensionare e verificare una trave composta acciaio –calcestruzzo, in grado di sopportare, su uno schema semplicemente appoggiato agli estremi, e con  $l=12$  m, un carico permanente pari a  $kg\ 2000/ml$  ed un carico accidentale pari a  $kg\ 1500/ml$ . Considerare una larghezza massima della soletta (interasse travi) pari a  $m\ 2.20$ .

Verificare la trave anche a deformabilità.

Assumere le caratteristiche del materiale. Produrre disegni e particolari strutturali.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Junior  
II Sessione 2011**

**Settore Civile-Ambientale**

**Edile - Prova progettuale**

Progettare una casa di abitazione all'interno di un lotto di 25x10 ml, delimitato su tutti i lati da un muro alto 2,00 ml. Si deve prevedere un giardino il più ampio possibile e una corte di servizio per la sosta auto. La casa deve essere ad un solo livello e comprendere un soggiorno, una cucina, due camere da letto e un bagno. È possibile addossare l'edificio al muro di cinta ma senza avere aperture su questo.

Disegnare:

- 1) planimetria generale (scala 1:100);
- 2) pianta (scala 1:50) con indicazione della struttura portante;
- 3) prospetti e una sezione (scala 1:50);
- 4) indicazione dei materiali e delle tecniche costruttive adottate.

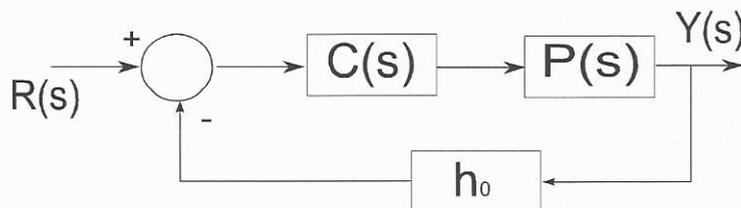
**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione  
di Ingegnere Junior  
II sessione 2011 - 11 gennaio 2012  
Prova Progettuale -AUTOMATICA**

L'analisi di un processo industriale ha permesso di individuarne un modello lineare stazionario a un ingresso e un'uscita la cui rappresentazione I-U è del tipo:

$$\ddot{y} + 3\dot{y} + ay = u$$

dove  $u(t)$  è il segnale (scalare) di ingresso,  $y(t)$  il segnale (scalare) in uscita e  $a$  è una costante positiva che deve essere valutata con opportuni esperimenti.

- (i) Per ricavare il coefficiente  $a$  si studia la risposta in uscita al sistema  $y(t)$  quando questo viene sollecitato con un ingresso  $u(t)$  a gradino di ampiezza unitaria. Si nota in particolare che a regime l'uscita si assesta su un valore costante pari a  $1/2$ . Conoscendo questo dato, determinare il valore di  $a$  e scrivere la funzione di trasferimento  $P(s)$  del sistema con il valore del coefficiente appena calcolato.
- (ii) In un secondo momento si nota che, senza aver sollecitato il sistema con alcun ingresso, questo presenta una risposta in uscita pari a  $y(t) = \frac{1}{2}e^{-t}$ . Calcolare le condizioni iniziali  $y(0)$  e  $y'(0)$  che hanno causato questa risposta.
- (iii) Si vuole controllare il processo industriale considerato sopra. Con riferimento allo schema in controreazione mostrato in figura (in cui  $P(s)$  è la funzione di trasferimento individuata al punto (i)) e  $h_0 = 2$ , determinare la funzione di trasferimento  $C(s)$  del blocco di controllo che garantisce un errore a regime nullo rispetto a riferimenti  $r(t)$  costanti e un margine di fase di almeno 40 gradi. Quali specifiche nel tempo vengono assicurate assegnando un valore sufficientemente elevato al margine di fase?
- (iv) Il valore (che verrà detto nominale) di  $a$  determinato al punto (i) è noto solo approssimativamente. Valutare perciò la robustezza della soluzione trovata al punto (iii), discutendo cosa ne è delle due specifiche (di precisione e sul margine di fase) se, utilizzando il controllore progettato al punto (iii), il valore reale della costante  $a$  presente nella  $P(s)$  può risultare fino al 20 % diverso dal valore nominale calcolato al punto (i) (cioè se per esempio il valore di  $a$  calcolato al punto (i) fosse 10, il valore reale di  $a$  si potrebbe trovare in tutto l'intervallo  $[8, 12]$ ).



## ESAME DI STATO – LAUREA TRIENNALE – QUARTA PROVA – DISEGNO DI MACCHINE

Sia dato il riduttore di velocità a singolo stadio, con coppia di ruote dentate cilindriche a denti elicoidali, il cui schema è riportato nella figura sottostante.

Si esegua, a mano libera, un disegno dettagliato della sezione del suddetto riduttore tenendo conto il risultato dei calcoli e dei dimensionamenti necessari, indicati nei punti successivi.

Si rappresentino con particolare cura i montaggi dei cuscinetti ed i calettamenti previsti per il montaggio degli delle ruote dentate. A tale proposito si preveda il pignone di pezzo e la ruota calettata mediante profilo scanalato. Per l'albero di ingresso si preveda l'impiego un reggispira a semplice effetto montato su ralle sferiche. Si scelgano opportunamente gli altri cuscinetti fra quelli compatibili con le scelte progettuali e gli altri componenti presenti, considerando la possibilità del riduttore di ruotare in entrambi i versi.

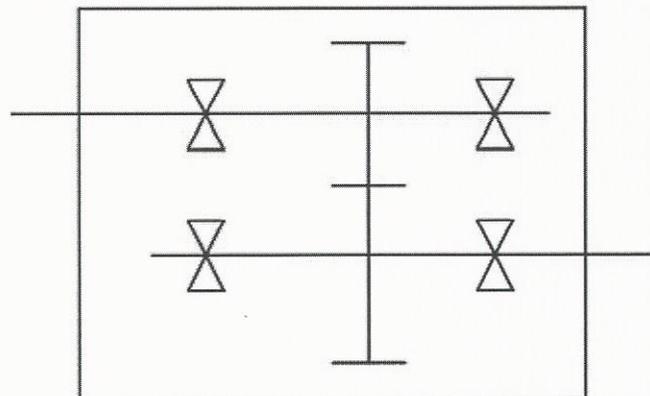
Si quoti l'albero in ingresso, l'albero di uscita e la ruota dentata calettata su di esso, specificando le quote di lavorazione e di collaudo, le indicazioni relative alle tolleranze dimensionali e le indicazioni sullo stato di finitura delle superfici. Si compili infine il riquadro delle iscrizioni con l'indicazione e la designazione di tutti i componenti.

Il candidato svolga ed illustri in dettaglio i seguenti calcoli:

- dimensionamento di massima delle ruote dentate;
- dimensionamento e verifica a fatica degli alberi;
- dimensionamento e verifica del calettamento albero mozzo;
- dimensionamento e verifica (e scelta da catalogo) dei cuscinetti.

Si assumano i seguenti dati come vincoli di progetto. Eventuali informazioni mancanti possono essere scelte a piacere dal candidato.

- Potenza in uscita 1.5 kW
- Coefficiente di servizio 1.3
- Rapporto di riduzione totale: 2.1
- Velocità in uscita 362 giri/min.
- Prevedere opportuni tappi di ispezione, tenute dinamiche.



**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO  
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE JUNIOR  
II SESSIONE – ANNO 2011**

**PROVA PROGETTUALE – MECCANICA (FISICA TECNICA INDUSTRIALE)**

Un autocarro, di cilindrata pari a 12000 cc, viaggia alla velocità di 75 km/h ad un numero di giri pari a 1800 rpm. Il candidato dimensiona l'intercooler installato sul mezzo, sapendo che il rapporto di compressione del turbocompressore è 2.5 con un rendimento politropico pari a 0.72.

L'intercooler è uno scambiatore a flussi incrociati non miscelati (cfr allegati), delle dimensioni, in metri, di 0.6x0.6x0.05, con coefficiente di ostruzione del 50%, dovuto all'intelaiatura e alla struttura esterna.

Il materiale è alluminio, con conducibilità termica  $\kappa = 204 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  e spessore delle piastre  $\delta = 0.8 \text{ mm}$ .

L'aria di sovralimentazione esce dallo scambiatore alla temperatura di 60°C, mentre il fluido freddo entra a 27°C sia nell'intercooler che nel turbocompressore.

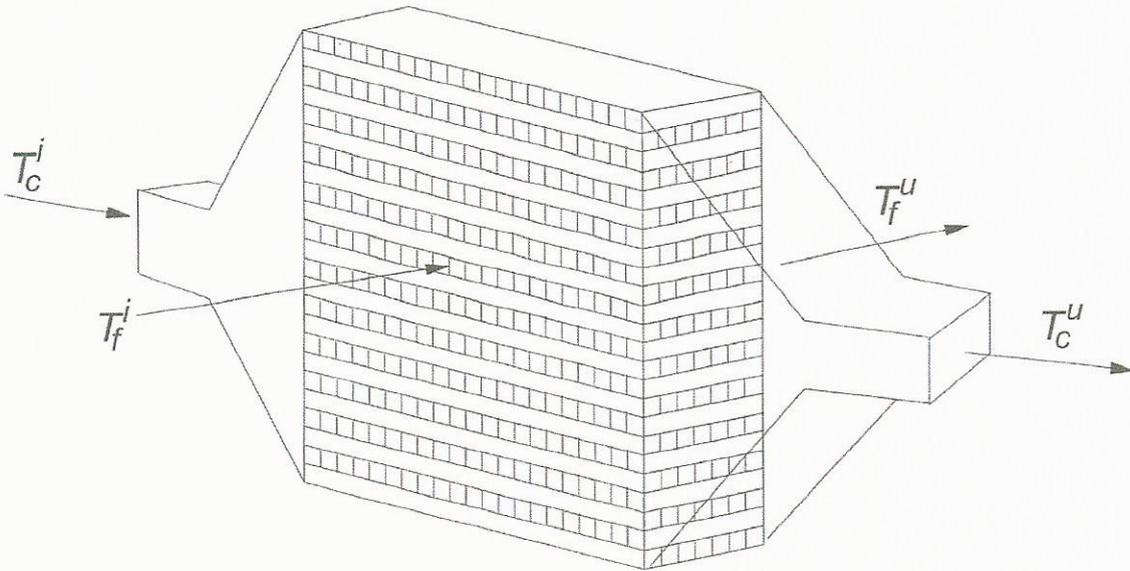
In particolare, il candidato determini:

- ✓ la potenza termica smaltita nello scambiatore;
- ✓ la temperatura di uscita del fluido freddo;
- ✓ l'efficienza delle alette, dalla relazione  $\Omega = \frac{\tanh(ms/2)}{(ms/2)}$ , essendo  $s$  la spaziatura tra due alette successive e tra le due lastre contigue ed  $m = \sqrt{hp/\kappa A}$  il solito parametro delle alette;
- ✓ il passo dello scambiatore, considerando che la sezione dei canali è quadrata sia dal lato caldo che da quello freddo.

Utilizzare per il calcolo dei coefficienti di scambio convettivo l'espressione empirica di Dittus-Boelter

$\text{Nu}_{D_{eq}} = 0.023 \text{Re}_{D_{eq}}^{0.8} \text{Pr}^n$ , in cui  $n$  è 0.3 per il riscaldamento e vale 0.4 nel caso del raffreddamento, mentre

$D_{eq}$  è il diametro idraulico o equivalente del condotto in cui passa l'aria.



Schematizzazione dell'intercooler

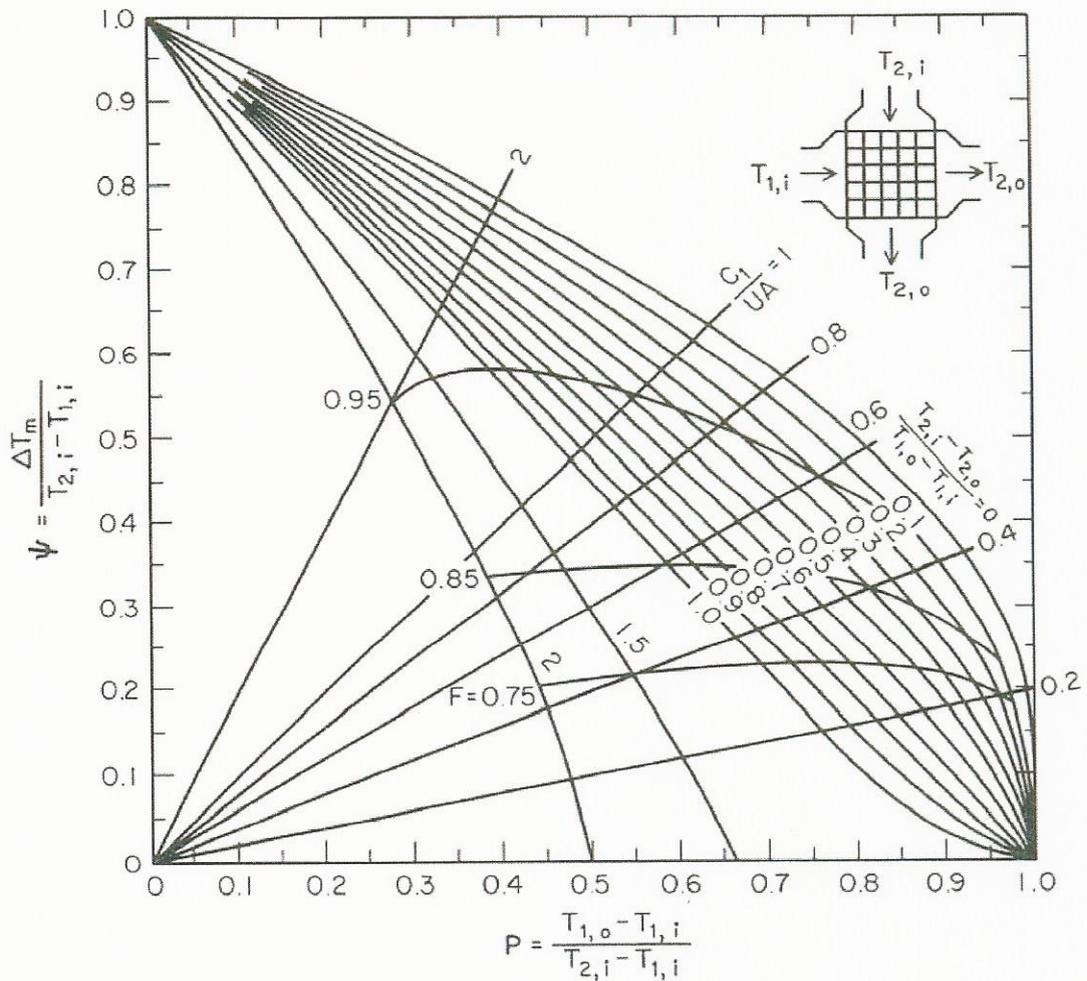


Diagramma  $\Psi - P$  per scambiatore a singolo passaggio con flussi incrociati non miscelati

## Tabella delle proprietà termofisiche dell'aria alla pressione atmosferica

## Symbols and Units:

- $K$  = absolute temperature, degrees Kelvin  
 deg  $C$  = temperature, degrees Celsius  
 deg  $F$  = temperature, degrees Fahrenheit  
 $\rho$  = density, kg/m<sup>3</sup>  
 $c_p$  = specific heat capacity, kJ/kg·K  
 $c_p/c_v$  = specific heat capacity ratio, dimensionless  
 $\mu$  = viscosity, N·s/m<sup>2</sup> × 10<sup>6</sup> (For N·s/m<sup>2</sup> (= kg/m·s) multiply tabulated values by 10<sup>-6</sup>)  
 $k$  = thermal conductivity, W/m·k × 10<sup>3</sup> (For W/m·K multiply tabulated values by 10<sup>-3</sup>)  
 $Pr$  = Prandtl number, dimensionless  
 $h$  = enthalpy, kJ/kg  
 $V_s$  = sound velocity, m/s

Temperature			Properties							
$K$	deg $C$	deg $F$	$\rho$	$c_p$	$c_p/c_v$	$\mu$	$k$	$Pr$	$h$	$V_s$
100	-173.15	-280	3.598	1.028		6.929	9.248	.770	98.42	198.4
110	-163.15	-262	3.256	1.022	1.420 2	7.633	10.15	.768	108.7	208.7
120	-153.15	-244	2.975	1.017	1.416 6	8.319	11.05	.766	118.8	218.4
130	-143.15	-226	2.740	1.014	1.413 9	8.990	11.94	.763	129.0	227.6
140	-133.15	-208	2.540	1.012	1.411 9	9.646	12.84	.761	139.1	236.4
150	-123.15	-190	2.367	1.010	1.410 2	10.28	13.73	.758	149.2	245.0
160	-113.15	-172	2.217	1.009	1.408 9	10.91	14.61	.754	159.4	253.2
170	-103.15	-154	2.085	1.008	1.407 9	11.52	15.49	.750	169.4	261.0
180	-93.15	-136	1.968	1.007	1.407 1	12.12	16.37	.746	179.5	268.7
190	-83.15	-118	1.863	1.007	1.406 4	12.71	17.23	.743	189.6	276.2
200	-73.15	-100	1.769	1.006	1.405 7	13.28	18.09	.739	199.7	283.4
205	-68.15	-91	1.726	1.006	1.405 5	13.56	18.52	.738	204.7	286.9
210	-63.15	-82	1.684	1.006	1.405 3	13.85	18.94	.736	209.7	290.5
215	-58.15	-73	1.646	1.006	1.405 0	14.12	19.36	.734	214.8	293.9
220	-53.15	-64	1.607	1.006	1.404 8	14.40	19.78	.732	219.8	297.4
225	-48.15	-55	1.572	1.006	1.404 6	14.67	20.20	.731	224.8	300.8
230	-43.15	-46	1.537	1.006	1.404 4	14.94	20.62	.729	229.8	304.1
235	-38.15	-37	1.505	1.006	1.404 2	15.20	21.04	.727	234.9	307.4
240	-33.15	-28	1.473	1.005	1.404 0	15.47	21.45	.725	239.9	310.6
245	-28.15	-19	1.443	1.005	1.403 8	15.73	21.86	.724	244.9	313.8
250	-23.15	-10	1.413	1.005	1.403 6	15.99	22.27	.722	250.0	317.1
255	-18.15	-1	1.386	1.005	1.403 4	16.25	22.68	.721	255.0	320.2
260	-13.15	8	1.359	1.005	1.403 2	16.50	23.08	.719	260.0	323.4
265	-8.15	17	1.333	1.005	1.403 0	16.75	23.48	.717	265.0	326.5
270	-3.15	26	1.308	1.006	1.402 9	17.00	23.88	.716	270.1	329.6
275	+1.85	35	1.285	1.006	1.402 6	17.26	24.28	.715	275.1	332.6
280	6.85	44	1.261	1.006	1.402 4	17.50	24.67	.713	280.1	335.6
285	11.85	53	1.240	1.006	1.402 2	17.74	25.06	.711	285.1	338.5
290	16.85	62	1.218	1.006	1.402 0	17.98	25.47	.710	290.2	341.5
295	21.85	71	1.197	1.006	1.401 8	18.22	25.85	.709	295.2	344.4
300	26.85	80	1.177	1.006	1.401 7	18.46	26.24	.708	300.2	347.3
305	31.85	89	1.158	1.006	1.401 5	18.70	26.63	.707	305.3	350.2
310	36.85	98	1.139	1.007	1.401 3	18.93	27.01	.705	310.3	353.1
315	41.85	107	1.121	1.007	1.401 0	19.15	27.40	.704	315.3	355.8
320	46.85	116	1.103	1.007	1.400 8	19.39	27.78	.703	320.4	358.7

Fonte: adattato da P. Norton, Appendices – The CRC Handbook of Thermal Engineering, Ed. Frank Kreith, CRC Press LLC, 2000.

Tabella delle proprietà termofisiche dell'aria alla pressione atmosferica (continua)

Temperature			Properties							
K	deg C	deg F	$\rho$	$c_p$	$c_p/c_v$	$\mu$	$k$	$Pr$	$h$	$V_s$
325	51.85	125	1.086	1.008	1.400 6	19.63	28.15	.702	325.4	361.4
330	56.85	134	1.070	1.008	1.400 4	19.85	28.53	.701	330.4	364.2
335	61.85	143	1.054	1.008	1.400 1	20.08	28.90	.700	335.5	366.9
340	66.85	152	1.038	1.008	1.399 9	20.30	29.28	.699	340.5	369.6
345	71.85	161	1.023	1.009	1.399 6	20.52	29.64	.698	345.6	372.3
350	76.85	170	1.008	1.009	1.399 3	20.75	30.03	.697	350.6	375.0
355	81.85	179	0.994 5	1.010	1.399 0	20.97	30.39	.696	355.7	377.6
360	86.85	188	0.980 5	1.010	1.398 7	21.18	30.78	.695	360.7	380.2
365	91.85	197	0.967 2	1.010	1.398 4	21.38	31.14	.694	365.8	382.8
370	96.85	206	0.953 9	1.011	1.398 1	21.60	31.50	.693	370.8	385.4
375	101.85	215	0.941 3	1.011	1.397 8	21.81	31.86	.692	375.9	388.0
380	106.85	224	0.928 8	1.012	1.397 5	22.02	32.23	.691	380.9	390.5
385	111.85	233	0.916 9	1.012	1.397 1	22.24	32.59	.690	386.0	393.0
390	116.85	242	0.905 0	1.013	1.396 8	22.44	32.95	.690	391.0	395.5
395	121.85	251	0.893 6	1.014	1.396 4	22.65	33.31	.689	396.1	398.0
400	126.85	260	0.882 2	1.014	1.396 1	22.86	33.65	.689	401.2	400.4
410	136.85	278	0.860 8	1.015	1.395 3	23.27	34.35	.688	411.3	405.3
420	146.85	296	0.840 2	1.017	1.394 6	23.66	35.05	.687	421.5	410.2
430	156.85	314	0.820 7	1.018	1.393 8	24.06	35.75	.686	431.7	414.9
440	166.85	332	0.802 1	1.020	1.392 9	24.45	36.43	.684	441.9	419.6
450	176.85	350	0.784 2	1.021	1.392 0	24.85	37.10	.684	452.1	424.2
460	186.85	368	0.767 7	1.023	1.391 1	25.22	37.78	.683	462.3	428.7
470	196.85	386	0.750 9	1.024	1.390 1	25.58	38.46	.682	472.5	433.2
480	206.85	404	0.735 1	1.026	1.389 2	25.96	39.11	.681	482.8	437.6
490	216.85	422	0.720 1	1.028	1.388 1	26.32	39.76	.680	493.0	442.0
500	226.85	440	0.705 7	1.030	1.387 1	26.70	40.41	.680	503.3	446.4
510	236.85	458	0.691 9	1.032	1.386 1	27.06	41.06	.680	513.6	450.6
520	246.85	476	0.678 6	1.034	1.385 1	27.42	41.69	.680	524.0	454.9
530	256.85	494	0.665 8	1.036	1.384 0	27.78	42.32	.680	534.3	459.0
540	266.85	512	0.653 5	1.038	1.382 9	28.14	42.94	.680	544.7	463.2
550	276.85	530	0.641 6	1.040	1.381 8	28.48	43.57	.680	555.1	467.3
560	286.85	548	0.630 1	1.042	1.380 6	28.83	44.20	.680	565.5	471.3
570	296.85	566	0.619 0	1.044	1.379 5	29.17	44.80	.680	575.9	475.3
580	306.85	584	0.608 4	1.047	1.378 3	29.52	45.41	.680	586.4	479.2
590	316.85	602	0.598 0	1.049	1.377 2	29.84	46.01	.680	596.9	483.2
600	326.85	620	0.588 1	1.051	1.376 0	30.17	46.61	.680	607.4	486.9
620	346.85	656	0.569 1	1.056	1.373 7	30.82	47.80	.681	628.4	494.5
640	366.85	692	0.551 4	1.061	1.371 4	31.47	48.96	.682	649.6	502.1
660	386.85	728	0.534 7	1.065	1.369 1	32.09	50.12	.682	670.9	509.4
680	406.85	764	0.518 9	1.070	1.366 8	32.71	51.25	.683	692.2	516.7
700	426.85	800	0.504 0	1.075	1.364 6	33.32	52.36	.684	713.7	523.7
720	446.85	836	0.490 1	1.080	1.362 3	33.92	53.45	.685	735.2	531.0
740	466.85	872	0.476 9	1.085	1.360 1	34.52	54.53	.686	756.9	537.6
760	486.85	908	0.464 3	1.089	1.358 0	35.11	55.62	.687	778.6	544.6
780	506.85	944	0.452 4	1.094	1.355 9	35.69	56.68	.688	800.5	551.2
800	526.85	980	0.441 0	1.099	1.354	36.24	57.74	.689	822.4	557.8
850	576.85	1 070	0.415 2	1.110	1.349	37.63	60.30	.693	877.5	574.1
900	626.85	1 160	0.392 0	1.121	1.345	38.97	62.76	.696	933.4	589.6
950	676.85	1 250	0.371 4	1.132	1.340	40.26	65.20	.699	989.7	604.9
1 000	726.85	1 340	0.352 9	1.142	1.336	41.53	67.54	.702	1 046	619.5
1 100	826.85	1 520	0.320 8	1.161	1.329	43.96			1 162	648.0
1 200	926.85	1 700	0.294 1	1.179	1.322	46.26			1 279	675.2
1 300	1 026.85	1 880	0.271 4	1.197	1.316	48.46			1 398	701.0
1 400	1 126.85	2 060	0.252 1	1.214	1.310	50.57			1 518	725.9
1 500	1 220.85	2 240	0.235 3	1.231	1.304	52.61			1 640	749.4
1 600	1 326.85	2 420	0.220 6	1.249	1.299	54.57			1 764	772.6
1 800	1 526.85	2 780	0.196 0	1.288	1.288	58.29			2 018	815.7
2 000	1 726.85	3 140	0.176 4	1.338	1.274				2 280	855.5
2 400	2 126.85	3 860	0.146 7	1.574	1.238				2 853	924.4
2 800	2 526.85	4 580	0.124 5	2.259	1.196				3 599	983.1

## **ESAME DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE IUNIOR**

### **PROVA PROGETTUALE DI IMPIANTI INDUSTRIALI**

Si deve realizzare un nuovo impianto per la produzione di uno strumento di precisione di notevoli dimensioni, formato da un gran numero di piccoli componenti.

Per la presente prova si prenda in considerazione esclusivamente l'area produttiva destinata alle lavorazioni meccaniche richieste dai cinque principali componenti del prodotto finito secondo i volumi produttivi riportati in tabella I.

Le sequenze di operazioni necessarie per la produzione dei componenti sono riportate nella tabella II, insieme ai macchinari richiesti per la loro esecuzione ed alle relative potenzialità produttive teoriche (comprendenti però i tempi per le operazioni di carico e scarico).

I macchinari da utilizzare per la realizzazione dei cicli stessi sono riportati, insieme al loro costo e alle loro caratteristiche tecniche, nella tabella III.

Lo studio e la progettazione vanno eseguiti tenendo conto delle seguenti informazioni di carattere generale:

- apertura dell'impianto 220 gg/anno per 5 gg/settimana, per effettive 7 h a turno;
- costo aziendale della manodopera pari a circa 15 €/ora per il turno diurno, con maggiorazione di 5€/ora per il turno serale e di altri 10 €/ora per le indennità legate al turno notturno;
- gli operatori sono occupati nella conduzione delle macchine (caratterizzate da un basso livello di automazione) e nelle altre operazioni produttive (carico/scarico pezzi, attrezzamenti e sostituzione degli utensili usurati). Si assuma che un operatore sia in grado di effettuare tutte le operazioni della stessa tipologia con i differenti macchinari e sui diversi prodotti

Il candidato, formulando delle ipotesi coerenti per i dati mancanti, effettui il dimensionamento di massima dello stabilimento, il quale dovrà comprendere:

- La scelta del tipo di layout più adeguato alla produzione e la rappresentazione di massima dello stesso (disposizione su una pianta rettangolare di proporzioni 1:2, e rappresentazione dei flussi di materiale);
- La scelta del numero di turni di lavoro;
- La determinazione del numero totale dei macchinari;
- La determinazione del numero totale di addetti alla produzione.

## TABELLE ALLEGATE

**Tabella I – Componenti e volumi di produzione richiesti**

<b><i>Prodotto</i></b>	<b><i>Unità/giorno</i></b>	<b><i>Percentuale di scarto*</i></b>
Cassa Coperchio	300	5%
Rotore	300	10%
Supporto	300	5%
Ruota	300	10%
Sincronizzatore	300	10%

\*: Si assuma che il controllo qualità sia effettuato al termine dell'intero ciclo di lavorazione che viene realizzato all'interno dell'area produttiva in esame, prima del passaggio all'area produttiva successiva.

**Tabella II – Cicli di produzione**

<b>A – Cassa Coperchio</b>			
<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo Macchina</b>	<b>Pezzi per ora</b>
1	Foratura 15 fori	Trapano a mandrini multipli	60
2	Stacciatura del mozzo, smussatura esecuzione gola	Tornio parallelo	20
3	Esecuzione cavità	Tornio parallelo	70
4	Stacciatura della seconda superficie	Tornio parallelo	35
5	Stacciatura borchie	Tornio parallelo	30
6	Alesatura	Alesatrice	140
7	Spostamento all'area produttiva successiva		

<b>B – Rotore</b>			
<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo Macchina</b>	<b>Pezzi per ora</b>
1	Tornitura di forma, smussatura	Tornio a torretta	33
2	Finitura del foro	Alesatrice	140
3	Foratura sul tornio	Tornio parallelo	20
4	Rettifica di finitura	Rettificatrice per cilindri	90
5	Spostamento all'area produttiva successiva		

<b>C – Supporto</b>			
<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo Macchina</b>	<b>Pezzi per ora</b>
1	Tornitura esterna	Tornio parallelo piccolo	24
2	Centratura e foratura 6 fori	Trapano a 6 mandrini	16
3	Foratura di finitura 6 fori	Trapano a 6 mandrini	16
4	Alesatura	Alesatrice	140
5	Spostamento all'area produttiva successiva		

<b>D – Ruota</b>			
<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo Macchina</b>	<b>Pezzi per ora</b>
1	Tornitura di forma	Tornio a copiare	55
2	Alesatura	Alesatrice	140
3	Stacciatura sui due lati	Tornio a copiare	30
4	Fresatura	Fresatrice orizzontale	15
5	Rettifica diametro esterno	Rettificatrice per cilindri	62
6	Rettifica superfici piane	Rettificatrice per cilindri	82
7	Spostamento all'area produttiva successiva		

<b>E – Sincronizzatore</b>			
<b>Id</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo Macchina</b>	<b>Pezzi per ora</b>
1	Tornitura diametro esterno, stacciatura, smussatura, ecc.	Tornio parallelo	28
2	Foratura al tornio con smussatura	Tornio parallelo	46
3	Fresatura da un lato	Fresatrice verticale	54
4	Fresatura dall'altro lato	Fresatrice verticale	54
5	Centratura, foratura, lisciatura	Trapano 1 mandrino	23
6	Foratura	Trapano 2 mandrini	32
7	Lamatura, allargatura, acciecatore del foro	Trapano 4 mandrini	70
8	Allargatura del foro, acciecatore	Trapano 4 mandrini	28
9	Spostamento all'area produttiva successiva		

**Tabella III- Tabella macchine**

Id	Tipo macchina	Tempo Setup (min)	Ingombro (in metri)	Costo (migliaia di Euro)	
				Macchina e attrezzature	Installazione
	Tornio parallelo		2 x 3	10	15%
	Alesatrice	60	3 x 7	10	15%
	Tornio a torretta		1 x 2	12	15%
	Rettificatrice per cilindri	30	3 x 5	20	15%
	Tornio parallelo piccolo		1 x 2	7	15%
	Tornio a copiare	30	2 x 3	25	15%
	Fresatrice orizzontale		3 x 4	10	15%
	Fresatrice verticale		3 x 4	10	15%
	Trapano a 1 mandrino		1 x 2	5	15%
	Trapano a 2 mandrini		1 x 2	8	15%
	Trapano a 4 mandrini		1 x 2	10	15%
	Trapano a 6 mandrini		1 x 2	12	15%
	Trapano multiplo		1 x 2	18	15%

\*: si considerino i costi di acquisto e installazione ammortizzabili al 10% annuo

### **Guasti**

Si assuma che i singoli macchinari presentino un tempo medio di funzionamento tra due guasti successivi di 48 ore ed un tempo medio per il ripristino del funzionamento pari a 2 ore.

Si assumano inoltre delle perdite di tempo per la sostituzione di utensili usurati pari al 2% del tempo carico al netto dei tempi di guasto.

### **Setup**

Si assuma il tempo di attrezzaggio riportato in tabella ad ogni cambio lavorazione (indipendentemente dal tipo di componente lavorato).

### **Microfermate e rallentamenti**

Si assuma che le perdite di velocità per microfermate e rallentamenti siano mediamente pari:

- al 5 % del tempo operativo se il macchinario lavora un unico articolo;
- al 10 % del tempo operativo se il macchinario lavora più di un articolo.

Si assuma inoltre un incremento di tali perdite del 5% per il turno notturno.

### **Edificio industriale e impianti generali**

Si consideri un costo indicativo per l'edificio industriale pari a 500 €/m<sup>2</sup> e per gli impianti generali (riscaldamento, illuminazione, f.e.m., acqua industriale e potabile, aria compressa) pari a 80 €/m<sup>2</sup>. Si consideri inoltre un'area dedicata ad attrezzatura e magazzino ricambi pari al 15 % dell'area occupata dai macchinari.